

Кравец Андрей Владимирович

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОМУ
ПРОЕКТИРОВАНИЮ**
по дисциплине
**ПРИКЛАДНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
АНАЛИЗА РЭУ**

Ответственный за выпуск Кравец А.В.
Редактор Маныч Э.И.
Корректор Маныч Э.И.

ЛР № 020565 от 23 июня 1997 г. Подписано к печати
6.02.2008г.

Формат 60X84 1/16 . Бумага офсетная. Офсетная печать.
Усл. п.л. – 1,0. Уч. - изд. л. – 0,9.
Заказ № Тир. 50 экз.
«С»

Издательство Технологического института ЮФУ
ГСП 17 А, Таганрог, 28, Некрасовский, 44
Типография Технологического института ЮФУ
ГСП 17 А, Таганрог, 28, Энгельса, 1

**Объявляется набор в магистратуру
в 2021г.**

По направлению:
12.04.01 Приборостроение
Направленность (профиль) программы:
(Технологии цифрового города)

**Все вопросы по почте:
ankravets@mail.ru**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К
КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ**
по дисциплине
**Прикладные математические методы
анализа РЭУ**

Для студентов радиотехнического факультета всех
форм обучения

Кафедра радиоприемных устройств и телевидения



Таганрог 2008

УДК 621.382(07.07)+578.5(07.07)

Составитель: А.В. Кравец.

Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине "Прикладные методы математического анализа РЭУ". – Таганрог: Изд-во Технологического института ЮФУ 2008. – 16 с.

Методические указания посвящены вопросам организации выполнения курсового проекта по дисциплине "Прикладные методы математического анализа РЭУ". В методических указаниях подробно рассмотрены такие вопросы, как: задачи, решаемые при выполнении курсового проекта; выбор технического задания на проектирование; объем и содержание пояснительной записки; требования ГОСТ ЕСКД к ее оформлению и графической части проекта. Рассматриваются вопросы использования персональных компьютеров при моделировании аналоговых устройств радиоэлектронной аппаратуры.

Методические указания предназначены для студентов радиотехнических специальностей, обучающихся по направлению "Радиотехника" дневной и заочной форм обучения, а также преподавателей, ведущих занятия по курсовому проектированию.

Библиогр.: 11 назв.

Рецензент В. Т. Лобач, канд. техн. наук, профессор кафедры РТС Технологического института ЮФУ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Троилин В.Н., Шibaева Е.М., Снежкова Л.А. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Схемотехника аналоговых электронных устройств». – Таганрог: ТРТУ, 2004. – 27 с. №3580.
2. Государственные стандарты РФ. Единая система конструкторской документации. Основные положения. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 351 с.
3. Разевиг В.Д. Система схемотехнического проектирования Micro-Cap 6. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 344 с.
4. Гаврилов Л.П. Нелинейные цепи в программах схемотехнического моделирования. – М.: Солон-Р, 2002. – 368 с.
5. Кауфман М., Сидман А. Практическое руководство по расчетам схем в электронике. Справочник. Т. 1. /Под ред. Ф.Н.Покровского. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
6. Справочная книга радиолюбителя-конструктора. Кн.1. /Под ред. Н.И.Чистякова. – М.: Радио и связь, 1993.
7. Проектирование УУ /Под ред. Н.В.Терпугова. – М.: Высш. шк.,1982.
8. Атаев Д. И., Болотников В.А. Функциональные узлы усилителей высококачественного звуковоспроизведения. – М.: Радио и связь, 1984.
9. Справочник по интегральным микросхемам / Под ред. Б.В. Тарабрина. – М: Энергия, 1980. – 816 с.
10. Справочник по полупроводниковым диодам, транзисторам и интегральным схемам /Под ред. Н. Н. Горюнова. – М.: Энергия, 1976. – 744 с.
11. Справочник по радиоэлектронным устройствам / Под ред. Д. П. Линде. – М.: Энергия, 1978. – 439 с.

7. ТРЕБОВАНИЯ К ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА

Графическая часть проекта должна содержать принципиальную схему и полученные характеристики проектируемого усилителя. Чертежи выполняются на листах формата А4 с помощью ПЭВМ.

Принципиальная схема проектируемого АЭУ должна содержать все электрические элементы, необходимые для выполнения проектируемым устройством заданных в техническом задании функций и должна быть выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ ЕСКД. Каждому электрическому элементу изделия, изображенному на схеме, должно быть присвоено позиционное обозначение, в начале которого указывается код элемента, а после него порядковый номер элемента.

Порядковые номера следует присваивать начиная с единицы в пределах группы элементов с одинаковыми буквенными обозначениями, например: С1, С2, С3 или R1, R2, R3. Позиционное обозначение проставляется непосредственно вблизи графического изображения элемента с левой стороны или над ним.

Последовательность присвоения порядковых номеров элементам должна соответствовать последовательности расположения элементов одной группы: по схеме сверху вниз и слева направо. Все элементы, которые имеют на схеме позиционные обозначения, должны быть включены в перечень элементов принципиальной схемы. Перечень элементов выполняется на отдельных листах формата А4 и должен быть включен в раздел «Приложения» пояснительной записки.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с учебным планом студенты радиотехнических специальностей направления «Радиотехника» дневной и заочной форм обучения должны выполнить курсовой проект по дисциплине «Прикладные методы математического анализа РЭУ» (ПММА РЭУ).

Данный проект является продолжением курсового проекта по курсу САЭУ и реализует сквозную схему проектирования.

Методические указания призваны облегчить выполнение проекта, сократить время на подготовку к курсовому проектированию, а также время, затрачиваемое на выполнение самого проекта, а студентам заочной формы обучения дать возможность участвовать в диалоге студент-преподаватель, которого они в какой-то степени лишены.

В методических указаниях приведены общие рекомендации по моделированию аналоговых электронных устройств, рассмотрены вопросы организации курсового проектирования, требования, предъявляемые к выполнению пояснительной записки и чертежей, дан краткий обзор рекомендуемой литературы.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Перед выполнением курсового проекта студентами дневной формы обучения должен быть прослушан курс лекций по дисциплине ПММА РЭУ и выполнены лабораторные работы, а также курсовой проект по курсу САЭУ. Студентам заочной формы обучения следует проработать необходимый теоретический материал по дисциплине и выполнить необходимый объем лабораторных работ.

Цель курсового проектирования – закрепить полученные теоретическим путем знания, обобщить эти знания при

решении конкретных инженерных задач, приобрести практические навыки проектирования РЭУ различных классов с использованием новейшей элементной базы, а также современных методов проектирования и исследования схем РЭУ на ПЭВМ.

В процессе проектирования студенты используют схему, разработанную ими при выполнении курсового проекта по курсу САЭУ, адаптируют эту схему с учетом имеющейся базы моделей элементов и проводят моделирование работы данной схемы.

Все эти вопросы студенты должны решать самостоятельно, выбирая наиболее оптимальные методы решения той или иной технической задачи. При этом необходимо знать, что полученные во время проектирования навыки самостоятельной работы будут полезными при дипломном проектировании и в дальнейшей инженерной деятельности.

При выборе тех или иных технических решений при проектировании инициатива должна принадлежать студенту. При этом руководитель, как консультант, обязан предостеречь студента только от грубых технических ошибок, рекомендуя для изучения соответствующую литературу: учебники, пособия, статьи и т.д. Только когда студентом будет рассмотрено несколько вариантов решения задачи, руководитель может подсказать и другие, не замеченные студентом.

Руководитель курсового проектирования, как правило, должен ставить перед студентом проблемные вопросы, вести энергичную борьбу со слепым подражанием и копированием уже известных решений и добиваться основной цели, а именно углубленного самостоятельного изучения принципов построения современных схем АЭУ и выработки практических навыков и умений при их проектировании.

необходимо также включать в общую нумерацию страниц пояснительной записки.

В тексте записки допускаются ссылки на литературные источники информации. При ссылках следует приводить порядковый номер источника по списку литературы, заключив его в квадратные скобки, например: «в [4] показано, что...». Ссылаться на приложения, подразделы, пункты, таблицы и иллюстрации не допускается.

Текст пояснительной записки должен быть иллюстрирован необходимым количеством рисунков и таблиц с целью придания ему ясности и конкретности. Все иллюстрации выполняются на персональном компьютере. Они нумеруются в пределах раздела арабскими цифрами. Номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой, например: Рис. 5.1, Рис 1.3.

Ссылки на иллюстрации дают, например, так: (рис 5.1). Допускается сквозная нумерация иллюстраций в пределах пояснительной записки. Повторные ссылки следует давать следующим образом: (см. рис. 5.1).

Все рисунки пояснительной записки, подрисовочные подписи и поясняющие данные, должны помещаться под иллюстрацией.

Иллюстрационный материал допускается выполнять в виде приложений. Приложения являются продолжением пояснительной записки. Каждое приложение должно начинаться с нового листа. В правом верхнем углу первого листа пишется слово «ПРИЛОЖЕНИЕ», выполненное прописными буквами. Приложение может иметь заголовок. Если в пояснительной записке больше одного приложения, то они снабжаются номерами, обозначаемыми арабскими цифрами, например: ПРИЛОЖЕНИЕ 2 и т.д.

Разделы должны иметь порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами. Подразделы также должны иметь свою нумерацию. Номер подраздела при этом состоит из порядкового номера раздела и порядкового номера подраздела, между которыми ставится точка. В конце номера подраздела также должна быть поставлена точка.

В свою очередь, подразделы могут состоять из нескольких пунктов. Разделы тоже могут содержать пункты, но не содержать подразделы. Пункты обозначаются двумя арабскими цифрами, разделенными точкой. В конце номера пункта ставится точка.

Разделы и подразделы должны быть снабжены кратко сформулированными заголовками. Наименования разделов записывают посередине строки прописными буквами, подразделов – в виде заголовков абзаца, строчными буквами. Первая буква наименования подраздела является прописной. Абзацы в тексте начинают отступом от края левого поля на 15–17 мм.

Переносы слов в заголовках не допускаются, точка в конце заголовка не ставится. Расстояние между заголовком и текстом должно быть не менее 15 мм. Каждый раздел записки необходимо начинать с новой страницы.

В записке большого объема на первом листе помещают оглавление, включающее номера и заголовки разделов с указаниями номеров страниц. Слово «ОГЛАВЛЕНИЕ» записывают в виде заголовка, посередине строки, прописными буквами. Наименование разделов и подразделов записывают строчными буквами.

Нумерация страниц пояснительной записки должна быть сквозной. Номер страницы обозначается в правом верхнем углу арабскими цифрами. Первой страницей записки является титульный лист, на котором номер не ставится. Листы с рисунками и графиками нумеруют наравне с другими. Приложения, список литературы, перечень элементов принципиальной схемы и перечень принятых терминов

2. ОРГАНИЗАЦИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Особенностью современного учебного плана по специальности «Радиотехника» является то, что выполнение курсового проекта по курсу ПММА РЭУ производится в том же семестре, когда читается курс лекций и выполняются лабораторные работы. В таком же положении находятся и студенты заочной формы обучения. В соответствии с учебным планом по специальности «Радиотехника» заочного факультета самостоятельное изучение дисциплины ПММА РЭУ, выполнение лабораторных работ и подготовка курсового проекта должны быть произведены в течение одного семестра.

В связи с этим преподавателям, ведущим курсовое проектирование, и студентам следует весьма внимательно относиться к организации курсового проектирования.

Задание на курсовое проектирование выдается студентам дневной формы обучения ведущим преподавателем на одном из первых занятий по дисциплине на бланке установленного образца (приложение Б методических указаний №3580), подписанном этим преподавателем.

Для студентов заочной формы обучения задание выдается на таком же бланке на установочной лекции.

Проверив пояснительную записку, преподаватель пишет рецензию на выполненный курсовой проект. После проверки пояснительная записка вручается студенту перед его защитой.

Студенты дневной формы обучения обязаны при 18-недельном семестре предъявить пояснительные записки на проверку на 16-й неделе, чтобы рецензирование проектов было закончено за 1,5-2 недели до начала экзаменационной сессии.

Методическая комиссия кафедры РПрУ и ТВ разработала критерии оценки знаний студентов при защите

курсовых проектов по дисциплине ПММА РЭУ.

Оценку «**отлично**» студент может получить, если:

- предложено оригинальное схемное решение устройства;

- выполнены все виды моделирования и сопоставительный анализ теоретических и экспериментальных данных;

- расчетно-пояснительная записка и чертежи выполнены без замечаний и в соответствии с требованиями ГОСТа ЕСКД с технико-экономическим обоснованием проектируемого устройства.

Защита проекта с оценкой «**отлично**», кроме того, предполагает исчерпывающее, логически стройное изложение материала проекта.

Оценка «**хорошо**» выставляется студенту в том случае, если отсутствуют перечисленные выше признаки, расчетно-пояснительная записка и чертежи выполнены без замечаний и в соответствии с требованиями ГОСТа ЕСКД, на защите студент излагал материал логически стройно, но допускал при этом неточности, не имеющие существенного значения при обосновании выбранного технического решения задачи.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если:

- при решении технических задач были использованы недостаточно обоснованные теоретические положения;

- выбор элементной базы недостаточно обоснован;

- допущены ошибки и неточности в вычислениях;

- при защите проекта студент затрудняется в изложении исследованного им материала и в обосновании принятых им решений.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, если:

- показаны слабые знания теоретического материала курса;

- технические решения выбраны без обоснований и

записке. Список литературных источников должен приводиться в последовательности, в которой на него делаются ссылки в пояснительной записке. В приложении В методических указаний №3580 приведен список литературы, рекомендуемой для изучения при проектировании усилительных устройств.

В приложение необходимо включать вспомогательный материал, содержащий программы и их описания, математические выкладки, характеристики транзисторов, интегральных схем и т.д., который необходим для проверочных расчётов и как справочный материал.

6. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка представляет собой вид конструкторского документа, содержащего описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений [2], она должна быть составлена в соответствии с требованиями ГОСТ 2.102-68 и ГОСТ 2.105-79. Текст записки пишется от руки черными либо фиолетовыми чернилами или тушью, разборчивым почерком или набирается на компьютере на одной стороне листа печатной бумаги формата А4. Текст записки должен быть четким, кратким и не допускать различных толкований. Высота букв и цифр в тексте в соответствии с ГОСТ 2.304-81 должна быть не менее 2,5мм, рекомендуемый шрифт – **Times New Roman 14**.

При написании текста необходимо по всем четырем сторонам листа оставлять поля. Размер левого поля должен составлять не менее 35 мм, правого – 10 мм, нижнего и верхнего полей – по 15 мм и в соответствии с общими требованиями к текстовым документам по ГОСТ 2.105 - 79.

Текст записки разбивают на разделы и подразделы.

4. Настроить схему по переменному току в режиме **Dynamic AC analysis**.
5. Проверить режим согласования схемы с источником сигнала и нагрузкой в режиме **Transfer Function analysis**. При этом виде анализа необходимо исключить из схемы разделительные конденсаторы, иначе программа покажет бесконечно большие выходные и входные сопротивления.
6. Проверить влияние разброса параметров резисторов на параметры усилителя в подрежиме **Monte Carlo** в режиме **Transient analysis**.
7. Проверить режимы работы выходного каскада при помощи режима **Probe Transient**.
8. Построить АЧХ и ФЧХ усилителя в режиме анализа в частотной области (**AC analysis**).
9. Проверить работу усилителя и темброблока в режиме многовариантного анализа (**Stepping**) в режиме анализа в частотной области (**AC analysis**).
10. Проверить устойчивость схемы по критерию Боде.
11. Провести анализ нелинейных искажений усилителя при номинальном уровне сигнала в режиме **Distortion**.
12. Построить входные и выходные вольтамперные характеристики усилительного элемента (одного из мощных транзисторов) в режиме **DC Analysis**.

Заключение. Здесь приводится сравнение характеристик, полученных в результате проектирования и моделирования, с характеристиками технического задания. Здесь же даются рекомендации по эксплуатации спроектированного АЭУ.

Принципиальная электрическая схема спроектированного АЭУ, выполненная на отдельном листе ватмана, приводится в приложении к пояснительной записке. В этом же приложении необходимо привести *перечень элементов*.

Список литературы должен содержать литературные источники, на которые имеются ссылки в пояснительной

неверно;

- необоснованно выбрана элементная база;
- допущены ошибки в расчетах;
- пояснительная записка и чертежи не соответствуют требованиям ГОСТа ЕСКД;
- не выполнялся учебный график.

Студенту, получившему оценку «неудовлетворительно», выдается новое задание на курсовое проектирование.

3. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Так как данный проект является логическим продолжением курсового проектирования по САЭУ, то техническое задание остается прежним, выбранным студентом из вариантов, приведенных в приложении Г методических указаний №3580. Курсовой проект должен быть адаптирован к возможностям пакета Micro-Cap. По согласовании с преподавателем возможно изменение темы проекта для освоения нового оригинального материала или темы.

Часть студентов дневной формы обучения и практически все студенты заочной формы обучения работают на государственных предприятиях и в частных фирмах по хозяйственным договорам, заключаемыми кафедрами, выполняют работы, связанные с учебным процессом. От этих организаций поступают предложения подготовить курсовые проекты на темы, связанные непосредственно с их производством.

Эти темы курсовых проектов также могут быть утверждены при условии, что со стороны предприятия, фирмы, кафедры и т.д. кроме предложения будет представлено техническое задание на курсовой проект. Из технического задания при этом должно быть видно, что проектируемое устройство содержит достаточное количество узлов, схемотехника которых подойдет к разработке и

моделированию.

4. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И ЕГО ОБЪЕМ

Результаты выполнения курсового проекта оформляются в виде пояснительной записки объемом 25–30 страниц машинописного текста.

Пояснительная записка должна содержать:

- титульный лист;
- лист замечаний преподавателя;
- оглавление;
- техническое задание (ТЗ);
- введение;
- анализ технического задания;
- выбор и обоснование электрической схемы АЭУ;
- результаты моделирования с комментариями;
- заключение;
- схему принципиальную электрическую;
- перечень элементов;
- список литературы;
- приложения.

Титульный лист разработан методической комиссией кафедры и должен соответствовать образцу, представленному в приложении А методических указаний №3580.

Лист замечаний преподавателя с надписью вверху должен оставаться чистым.

В *оглавлении* перечисляются заголовки всех разделов пояснительной записки и приложений с указанием номеров страниц.

Техническое задание должно содержать основные требования к техническим параметрам и характеристикам АЭУ. Техническое задание на проектируемое АЭУ должно быть достаточно полным и четко сформулированным, не допускающим двойственного толкования.

Во *введении* необходимо дать краткий анализ достижений отечественных и зарубежных специалистов в области науки и техники, к которой относится проектируемое АЭУ, а также кратко сформулировать задачу, которую необходимо решить при моделировании АЭУ с заданными техническими характеристиками.

При *анализе технического задания* необходимо составить план моделирования, разобраться в особенностях моделирования тех или иных каскадов, а также внести коррективы в исходную схему в соответствии с возможностями пакета Micro-Cap.

Выбор и обоснование принципиальной электрической схемы АЭУ необходимо начать с составления полной электрической схемы. Выбор схемы определяется разработанными в предыдущем курсовом проекте схемными решениями отдельных каскадов и вспомогательных цепей (регулировки, коррекции). Последние, может быть, придется дорабатывать или опускать вообще.

Составив полную принципиальную схему АЭУ, необходимо выполнить моделирование отдельных её каскадов.

Результаты моделирования должны содержать результаты моделирования следующих режимов:

1. Временной анализ схемы в режиме **Transient analysis**. Если количество элементов или узлов превышает 50, то Demo-версия программы Micro-Cap выдаст ошибку. В этом случае рекомендуется разбить схему на две части, например предварительный усилитель и темброблок отдельно от усилителя мощности, и провести моделирование по частям.
2. Проверить работоспособность схемы в диапазоне температур от –10 до +50 С° в режиме **Transient analysis**.
3. Настроить схему по постоянному току в режиме **Dynamic DC analysis**.